

## Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 2002107384  
PUBLICATION DATE : 10-04-02

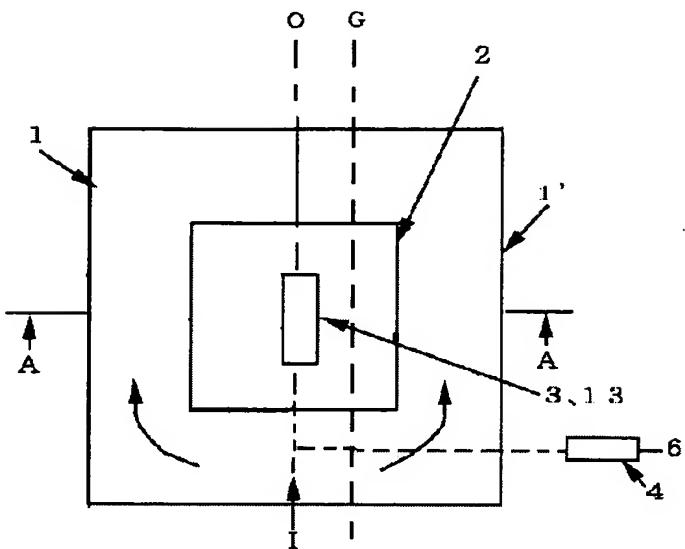
APPLICATION DATE : 29-09-00  
APPLICATION NUMBER : 2000300624

APPLICANT : STANLEY ELECTRIC CO LTD;

INVENTOR : KAZAMA TAKUYA;

INT.CL. : G01R 15/20 G01R 33/02 H01L 43/00

TITLE : CURRENT SENSOR



ABSTRACT : PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a current sensor using MI elements, capable of canceling disturbance noise in sensor detection sensitivity directions and making its size compact.

SOLUTION: A magnetic sensor can accurately detect a very small magnetic field with an MI element 3 or 13 from very small magnetic field gradient in a small magnetic field region, by providing notches to a primary conductor 1 and a secondary conductor 1' with different resistance values, providing a small window in the middle of combined conductor, and utilizing generation of small magnetic field region in the small window 2, so as to contain the MI element 3 on a central line O in the small window 2 and the central line O and a magnetic field region G do not coincide.

COPYRIGHT: (C)2002,JPO

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テーマコード <sup>8</sup> (参考)
G 0 1 R 15/20		C 0 1 R 33/02	D 2 G 0 1 7
33/02		H 0 1 L 43/00	2 G 0 2 5
H 0 1 L 43/00		G 0 1 R 15/02	A

審査請求 未請求 請求項の数 6 ○L (全 6 頁)

(21)出願番号 特願2000-300624(P2000-300624)  
 (22)出願日 平成12年9月29日(2000.9.29)

(71)出願人 000002303  
 スタンレー電気株式会社  
 東京都目黒区中目黒2丁目9番13号  
 (72)発明者 佐野 實幸  
 東京都目黒区中目黒2丁目9番地13号 ス  
 タンレー電気株式会社内  
 (72)発明者 入戸野 公浩  
 東京都目黒区中目黒2丁目9番地13号 ス  
 タンレー電気株式会社内  
 (72)発明者 板津 康雄  
 東京都目黒区中目黒2丁目9番地13号 ス  
 タンレー電気株式会社内

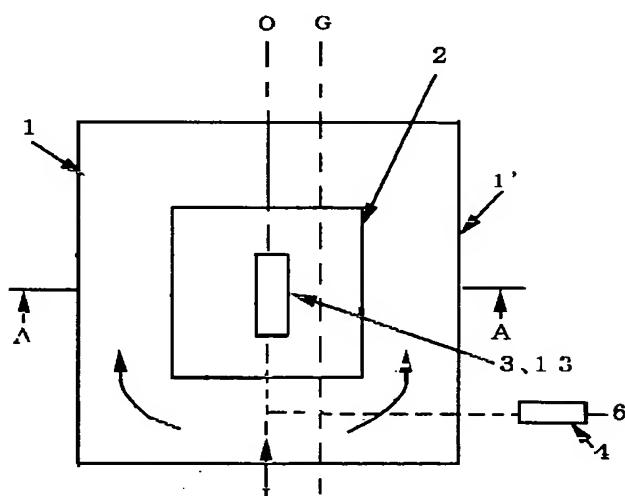
最終頁に統く

## (54)【発明の名称】 電流センサ

## (57)【要約】 (修正有)

【課題】センサ検出感度方向の外乱ノイズをキャンセルする事ができ、コンパクト化も可能なMI素子を用いた電流センサを提供する。

【解決手段】抵抗値の異なる一次導体1と二次導体1'に夫々切り欠きを設けて、一体化した導体の中央部が小窓2なり、小窓2内には微小磁界領域が発生するのを利用し、中央線Oと零磁界領域Gが一致しないことで、小窓2内の中央線O上にMI素子3を内蔵することで微小磁場領域中の微小磁場勾配により、微小磁界を一つのMI素子3又は1'3で高精度に検出できる磁気センサとして、簡単な検出回路4によりセンサ値の出力を電流出力6として簡単な電流出力回路で出力している。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】一次導体と二次導体に流れる電流を、該電流に比例する磁界強度の形で計測する電流センサにおいて、一次導体と二次導体の中央部に切り欠きをいれて、該一次導体と二次導体を一体化することで、電流通路を分岐する小窓を開口し、該小窓内にM I 素子を用いた磁気センサを設け、該M I 素子を用いた磁気センサでの磁界検出をすることを特徴とする電流センサ。

【請求項2】請求項1において、前記小窓内に微小磁場勾配を発生させ、該小窓内にM I 素子内蔵させることを特徴とする電流センサ。

【請求項3】前記M I 素子は、M I 特性が対称であることを特徴とする請求項1、2記載の電流センサ。

【請求項4】前記M I 特性が非対称であることを特徴とする請求項1、2記載の電流センサ。

【請求項5】前記一次導体と二次導体を異なる導電性材料を用いることを特徴とする請求項1記載の電流センサ。

【請求項6】前記一次導体と二次導体を同一導電性材料を用いることを特徴とする請求項1記載の電流センサ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、磁気インピーダンス素子（以下M I 素子）を用いた電流センサに関するもので、特に過電流が流れても大丈夫な車載用の電流検出において、特に高感度で広範囲に渡って検出磁界をえらぶM I 素子を用いた電流センサに関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】従来のオートブレーカでは、主回路の通電導体を一次導体としてここに鉄心に二次コイルを巻回した通常の変流器を採用して電流検出を行っている。これらの配線用しや断器、漏電しや断器などのオートブレーカは、市場要求として小形、コンパクト化された製品が求められており、この要望に沿って各種部品の小型化、部品の配置などを改良するなどして外形寸法の縮小化を進めているがこれには限界がある。

【0003】一方、各種の磁気センサが開発され、その応用例としてホール素子、磁気抵抗素子などを使用し、一次導体に流れる電流をその電流に比例した磁界強度の形で計測する磁気センサ式変流器なども知られている。

【0004】しかも、これら磁気センサは通常の変流器に比べて比較にならない程の超小形であり、この磁気センサ式変流器を通常の変流器に置き換えて採用すれば、前記したオートブレーカの小形、コンパクト化を推進する上で大いに期待される。

【0005】しかしながら、配線用しや断器、漏電しや断器などのオートブレーカは、フレームによって定格電流が最小5 Aから最大6 000 A程度まで広範囲に系列化されており、電子式オートブレーカでは定格電流を複数段階に調整することが可能である。これに対して、前

記したホール素子、磁気抵抗素子などは、不平衡電圧などの影響により微小磁場の下では分解能が低下するといった特性面での固有の問題があり、定格電流の小さいフレームでは高精度な電流計測が難しい。

【0006】これに対して、微小磁界を高い精度で検出可能な磁気センサとしてフラックスゲート素子、あるいはM I 素子などが知られている。とくに、フラックスゲート素子、M I 素子の動作範囲は高々10ガウス以下の微小磁界であり、このままで定格電流の大きなオートブレーカへの適用が困難である。そこで、微小磁界の検出に高い精度を発揮するフラックスゲート素子、M I 素子など磁気センサを採用して一次導体に流れる電流を広範囲で精度良く計測できる磁気センサ応用の変流器を提供する手段が用いられている。

【0007】それらの手段は、一次導体の中央部分に電流通路を二分する小窓を開口し、該小窓の中心部位にフラックスゲート素子、あるいはM I 素子の磁気センサを配置することにより達成される。なお、前記の一次導体には平角導体を用いて実施するのがよい。周知のように、導体に電流が流れるとき導体の周辺に磁界が発生し、その磁界の方向、磁界強度はビオ・サバールの法則によって決まる。また、並行に配置した2本の導体に同じ向きに同じ電流を流すと、導体相互間の中央では磁界強度がゼロとなり、その両側で導体に近づくにつれて磁界強度が大きくなる。

【0008】そこで、電流の流れる一次導体に平角導体を採用し、この導体の中央部分を切欠して通電路を二分するように小窓を開口すれば、この小窓を挟んだ両側の導体部分が前記した2本の並行導体と同様な状態となり、小窓の空間における磁界強度はその中心でゼロ、両サイド方向へ行くにしたがって磁界強度が高くなるような分布を呈し、特に中心に近い部分に微小磁界領域が形成される。

【0009】したがって、前記小窓内の中心部位に形成される微小磁界領域に位置を合わせてフラックスゲート素子、あるいはM I 素子を設置すれば、これら磁気センサにより一次導体に流れる電流を小電流から大電流までの広範囲で精度よく検出できる。

【0010】しかも、この小窓を磁気センサの外形寸法に対応しておけば、磁気センサの素子は小窓内に収まるので、磁気センサを設置するために余分なスペースが不要となる。

【0011】これらの実施例を図面に基づいてわかりやすく説明する。図3において、3 1は配線用しや断器、漏電しや断器などのオートブレーカに組み込まれた主回路導体としての一次導体（平角導体）、3 2は一次導体3 1の長手方向にそって通電路を二分するようにその中央に切欠き開口した小窓、3 3は該小窓3 2の中の中央部位に位置を合わせて配置したフラックスゲート素子、あるいはM I 素子の磁気センサ、3 4は、磁気センサ

33に接続した電流検出回路である。

【0012】なお、図中では一次導体31の幅をA、厚さをB、小窓の幅をC、長さをDとし、一次導体31の長手方向(電流Iの通流方向)に沿った中心線をOで表している。

【0013】例えば、一次導体31の幅Aを20mm、厚さBを3mm、小窓32の幅Cを5mm、長さDを10mmとし、一次導体に100Aの電流を流した場合における小窓32の内部の磁界強度を計算により求めたところ、その磁界強度分布は図5のようになる。なお、磁界強度分布は前記中心線Oに対して導体の幅方向に対称であり、図5はその片側半分の磁界強度分布を示している。

【0014】図5に表した磁界強度分布図から明らかなように、中心線Oに沿った小窓2内の中心点では磁界強度がゼロであり、その周域には幅方向に約1mm幅の範囲で磁界強度が5ガウス以下の微小磁界領域(斜め破線で表す)が存在している。

【0015】したがって、この微小磁界領域に位置を合わせて小窓内にフラックスゲート素子、あるいはMI素子の磁気センサ33を配置することにより、一次導体31に流れる電流、つまりオートブレーカの主回路に流れる負荷電流を小電流から大電流まで広範囲に精度よく検出することができる。

【0016】このような構成にすることにより、一次導体31の中央に小窓32を開口してその内方に微小磁界領域を形成するとともに、この小窓内の中心部位に位置を合わせてフラックスゲート素子、あるいはMI素子33のように微小磁界の検出精度が高い磁気センサを設置したことにより、一次導体31に流れる電流を広範囲で精度よく検出することができる。

【0017】しかも、外形寸法が超小形である磁気センサは一次導体31に開口した小窓内に収まるように配置することができることから、通常の変流器のように一次導体31の周辺に変流器を設置するための特別スペースを確保する必要がなく、したがって当該変流器を配線用しゃ断器、漏電しゃ断器などのオートブレーカに採用することで、オートブレーカの製品の小形、コンパクト化が達成できる。

【0018】このように、従来の技術では、一次導体に流れる電流を、この電流に比例する磁界強度の形で計測する磁気センサ応用の変流器において、平角導体となる一次導体部の中央部分に電流通路を二分する小窓を有し、該小窓の中央部に微小磁界を形成し、この微小磁界領域に磁気センサを配置して一次導体に流れる電流を計測している。

【0019】

【発明が解決するための課題】一次導体の中央部に小窓を開口し、磁気センサを設置していた為、MI素子を中心部に置くと中心部では磁界が、零であるためMI素子の置く位置精度により磁場測定が正負にばらつき、測定

誤差が大きくなってしまいセンサ設置位置にかなりの高精度を要してしまう。

【0020】また、一次導体の中央部に小窓を開口し、磁気センサを一個設置していた為、外乱ノイズと信号の区別また、熱ドリフトをキャンセルする事ができず、測定信頼性に欠ける。

【0021】そこで本出願人は、一次導体と二次導体に流れる電流を、該電流に比例する磁界強度の形で計測する電流センサにおいて、一次導体と二次導体の中央部に切り欠きをいれて、該一次導体と二次導体を一体化することで、電流通路を分岐する小窓を開口し、該小窓内に検出感度方向が逆になる一対のMI素子を用いた磁気センサを設け、該MI素子を用いた磁気センサでのセンサ値の差をとることで、磁界検出をすることで、センサ検出感度方向の外乱ノイズをキャンセルする事ができ、コンパクト化も可能なMI素子を用いた電流センサを提供している。

【0022】また、どのようなMI素子でも確かに高精度の磁気検出が可能であるが、MI素子のMI特性のバラツキや、インピーダンスの変化率のピークが±数[Oe]であり、バイアス磁界を印加したりしてシフトさせることで非対称としており、非対称とした特性のピークの一方も+数[Oe]で、詳細には、+3[Oe]付近であるため線形領域が、±3[Oe]と狭く従来のMI素子の検出回路では、±3[Oe]の範囲でしかリニアリティを得ることが出来なかった。また±4[Oe]、±5[Oe]と出力が飽和する領域では、検出が不可能である。

【0023】本発明においては、一次導体と二次導体に流れる電流が大電流であっても小窓内に、発生する外部磁界HB[Oe]を小さくすることができ、簡単な電流検出回路で電流検出が可能になった。

【0024】更には、一次導体と二次導体を同一導電性材料とすることで電流を1/2に分岐している。また、一次導体と二次導体を異なる導電性材料とすることで導電性材料の抵抗値が異なるので電流比をその抵抗値によって、分岐することができる。

【0025】

【課題を解決するための手段】請求項1は、一次導体と二次導体に流れる電流を、該電流に比例する磁界強度の形で計測する電流センサにおいて、一次導体と二次導体の中央部に切り欠きをいれて、該一次導体と二次導体を一体化することで、電流通路を分岐する小窓を開口し、該小窓内にMI素子を用いた磁気センサを設け、該MI素子を用いた磁気センサでの磁界検出をすることを特徴とする電流センサであり請求項2は、請求項1において、前記小窓内に微小磁場勾配を発生させ、該小窓内にMI素子内蔵させることを特徴とする電流センサである。

【0026】請求項3では、前記MI素子は、MI特性

が対称であることを特徴とする請求項1、2記載の電流センサであり、請求項4では、前記M I特性が非対称であることを特徴とする請求項1、2記載の電流センサである。

【0027】請求項5は、前記一次導体と二次導体を異なる導電性材料を用いることを特徴とする請求項1記載の電流センサで、請求項6は、前記一次導体と二次導体を同一導電性材料を用いることを特徴とする請求項1記載の電流センサを提供している。

【0028】

【発明の実施形態】以下、本発明の実施形態を図面に基づいて説明する。ここでは、磁性体薄膜からなる薄膜磁気インピーダンス素子（以下薄膜M I素子）で説明するが、ワイヤータイプの磁気インピーダンス素子でも同様である。図1において、1、1'は、磁界検出感度が逆になる磁気インピーダンス素子からなる磁気センサを組み込んだ主回路導体としての一次導体と二次導体を一体化した平角導体、2は、一次導体1、二次導体1'の長手方向にそって通電路を分岐するようにその中央に切欠きをいれ、一次導体と二次導体を一体化して設けた小窓、3は、磁気インピーダンス素子（薄膜M I素子）は、その小窓2の中に、磁気インピーダンス素子3（薄膜M I素子）からなる検出磁界感度が逆方向になるように薄膜M I素子3を夫々内蔵する。4は、薄膜M I素子3からなる磁気センサに接続した電流検出回路である。

【0029】なお、図中では一次導体1と二次導体1'の長手方向（電流Iの通流方向）に沿った中心線を○で表している。また、図2では、図1のA-A断面図を示している。5は、その磁力線である。小窓2内では、その磁界強度が微小磁場領域となっており、その磁力線5も点線で示されている。

【0030】また、一次導体1と二次導体1'が同一導電性材料からなる場合は、磁界強度は前記中心線○に対して導体の幅方向に対称であるが、異なる導電性材料からなる場合は夫々の抵抗値が異なり、低抵抗の方に導体に流れる電流の方が多くなるため電流密度にが高くなり、磁界強度は、前記中心線○に対して導体の幅方向に対称にはならず、電流密度が高い低抵抗値の導体の磁界強度が強くなるり、電流密度が低い高抵抗値が導体の磁界強度の方が弱く、零磁界領域Gが高抵抗値をもつ導体側に発生する。

【0031】従って、中心線○と微小磁界内の零磁界領域Gが一致しない。その為、中心線○に沿って、薄膜M I素子3を一つ配置することができる。その時、従来のように位置制度を必要としない。また、微小磁場内で、微小磁場勾配が発生し一つの薄膜M I素子でも簡単な電流検出回路4で高精度に簡単なセンサ値を出力できる。

【0032】なお各薄膜M I素子3にて感知する磁界Hは、磁力線の半径をrとすると  

$$H = (I / 2\pi r)$$

で表れせられる磁界H [Oe] を形成する。この磁界は薄膜M I素子に適した微小磁界領域となり微小磁場勾配内が得られその中に薄膜M I素子3を設けることを設けることで微小磁場を検出している。

【0033】従って、薄膜M I素子3、に微小磁場内に微小磁場勾配により、検出回路4が形成することができる為、薄膜M I素子3により微小磁場を検出して、その磁気センサにより電流検出ができる。

【0034】また、薄膜M I素子3は、インピーダンス変化率一外部磁界H<sub>ext</sub>が、外部磁界の正負で、殆ど対称となるためバイアス磁界△H<sub>ext</sub> [Oe] を必要とする。そして、そのバイアス磁界を印加し特性を非対称としている。

【0035】前述した検出電流によって小窓内に発生する微小磁界内の微小磁場領域内に対して、バイアス磁界△H<sub>b</sub>が印加されているように配置されたM I素子素子3の両端電圧電圧V1を読み取り、I1の電流を得ることで簡単な構造の検出回路4を用いて微小磁場領域の出力を得ることが出来る。

【0036】尚、薄膜M I素子3では、前述のM I特性があらかじめ対称となっているので、バイアス磁界△H<sub>b</sub> [Oe] を印加し、M I特性をシフトさせ非対称としている。交差型薄膜M I素子13では、M I特性が非対称となっているのでその必要はない。薄膜M I素子3でも、アモルファス薄膜を利用した積層型の軟磁性体薄膜の磁化容易軸を利用した交差型薄膜M I素子13は、特に図示しないが、両端にアルミニウムワイヤボンディング、Auワイヤ等からなる電極又は直接半田によりリード線に接続し、高周波電流を両端に通電している。

【0037】従って、従来は±数 [Oe] の狭い磁界の範囲でしか検出が出来なかったが、一次導体1と二次電流1'に切り欠きを入れ一体化した導体の中央部に小窓2を設けることで大電流が流れても、小窓2内に発生する磁場は、微小磁場領域となり、その内部の零磁界領域（中心線○）が一致しないことで、微小磁場領域内で微笑磁場勾配を得、零磁界領域にもM I素子を夫々内蔵することで、どの様な回路でもそれらの検出出力のセンサ値を得て電流出力6が得られ、出力電圧V<sub>OUT</sub> [V] - 被検出電流値 [A] の関係を得ることが可能になった。

【0038】また特に図示しないが、一次導体1と二次導体1'が同じ導電体材料で一体化されている時は、当然上記の中心線○と零磁界領域Gが一致する。その時は、中心線○上にM I素子3を内蔵し、微小磁場領域内の微小磁場勾配を利用して、中心線○よりずらしM I素子3を配置することで、高精度な微小磁界を検出しセンサ値として出力して、簡単な電流検出回路6で電流出力を得ることができ、M I素子設置位置の高精度化も必要としない。

【0039】M I特性が薄膜M I素子同様対称となるFeCoSiBの磁性線ワイヤを利用した磁性線のM I素

子は、特に図示しないが、本出願に含まれることは言うまでもない。

【0040】M I 特性が非対称となる軟磁性体薄膜を利用した積層型である交差型薄膜M I 素子1 3の構造は、特に図示しないが、従来のようにバイアス磁界 $\Delta H_{ex}$  [Oe]を印加する必要もなく、夫々異なる抵抗値をもつ一次導体1、二次導体1'内に切り欠きを入れ一体化し小窓2を設け、その小窓2内に交差型薄膜M I 素子1 3を内蔵することで、検出回路4の出力のセンサ値をとり電流出力6とすることも当然本出願に含まれる。

【0041】このように、夫々抵抗値の異なる一次導体と二次導体に切り欠きをいれ一体化することで小窓を設け、その小窓が、一体化した導体の中央部であっても小窓内に微小磁場領域を発生させ、そのM I 素子を用いた磁気センサ3を小窓2内に内蔵し、中央線Oと零磁界領域Gを一致させず、微小磁場領域内に微小磁場勾配が発生するので中央線O上に一つのM I 素子3又は1 3を小窓2内に内蔵することで配置位置に高精度化を必要とせず、M I 素子3又は1 3を内蔵し高精度な微小磁界を検出しセンサ値を電流検出回路で電流出力6として出力する。

【0042】また、導体に流れる電流を広範囲で精度よく検出することができる。しかも、外形寸法が超小形である磁気センサは、一体化した導体の小窓2内に内蔵するように配置するため、車両用等などの高電流が流れる電流センサに最適である。また、一つのM I 素子3又は1 3を用いた電流センサであり、コンパクト化も実現でき、特別なスペースを確保する必要がない。

【0043】M I 特性が薄膜M I 素子同様対称となるFeCoSiBの磁性線ワイヤを利用した磁性線のM I 素子は、特に図示しないが、本出願に含まれることは言うまでもない。

【0044】M I 特性が非対称となる軟磁性体薄膜を利用した積層型である交差型薄膜M I 素子1 3の構造は、特に図示しないが、従来のようにバイアス磁界 $\Delta H_{ex}$

[Oe]を印加する必要もなく、小窓2に内蔵することで、電流検出回路4の出力をセンサ値として電流出力6とすることも当然本出願に含まれる。

#### 【0045】

【発明の効果】このように本発明では、一次導体と二次導体に切り欠きを入れ一体化することで、小窓を設け小窓内に微小磁場領域を発生させ、その小窓内の微小磁場勾配を利用することで、抵抗値が異なる一次導体と二次導体及び抵抗値が同じ一次導体と二次導体に流れる電流によって発生する磁界強度により、M I 素子でも微小磁界を簡単な検出回路でセンサ値を出し、簡単な電流検出回路で電流検出をできる電流センサであり、小窓内の位置制度を従来のように高精度に合わせずとも簡単に、安定な磁界検出をすることができる電流センサである。また、バイアス磁界を印加しなくても同様な効果を達成でき、更には、コンパクト化を達成でき車両用としては余分なスペースを取る必要がなく大電流にも対応できる電流センサを達成できた。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に関する実施形態にてM I 素子を磁気センサとして設けた電流センサを示す上面図である。

【図2】本発明に関する図1のA-A断面図である。

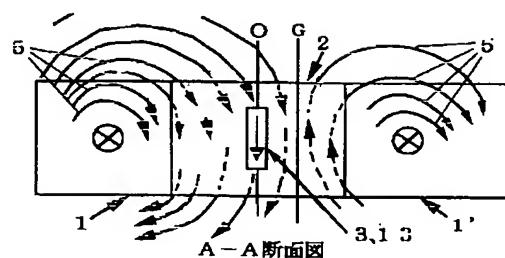
【図3】従来の一次導体を使い小窓を開口した電流センサを示す図である。

【図4】従来の一次導体の磁界を示す図である。

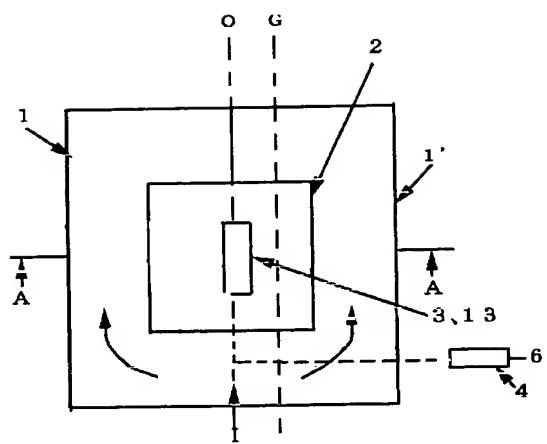
#### 【符号の説明】

- 1、…一次導体
- 1'、…二次導体
- 2、…小窓
- 3、…薄膜M I 素子
- 4、…電流検出回路
- 5、…電流検出出力
- 1 3、…交差型薄膜M I 素子
- O…中心線
- G…零磁界領域線

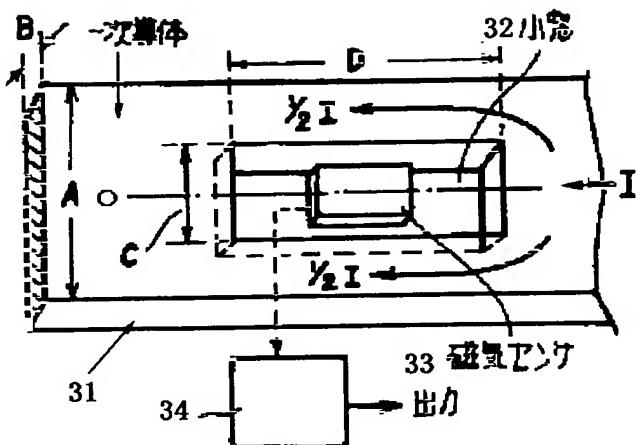
【図2】



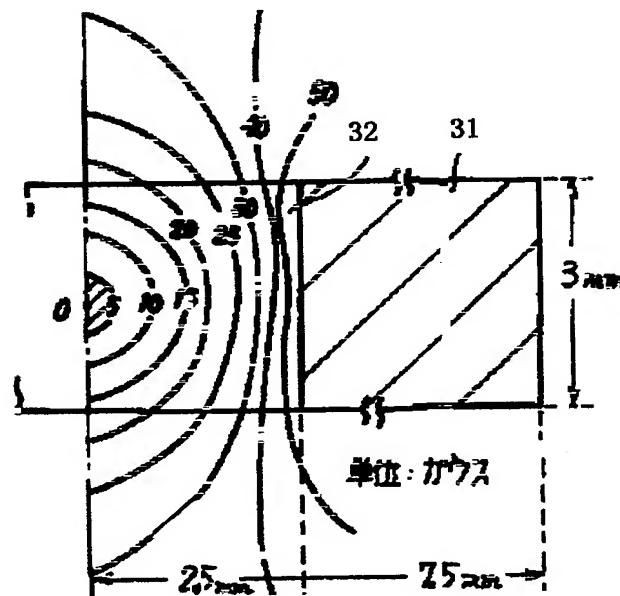
【図1】



【図3】



【図4】



フロントページの続き

(72)発明者 上野 一彦  
東京都目黒区中目黒2丁目9番地13号 ス  
タンレー電気株式会社内

(72)発明者 風間 拓也  
東京都目黒区中目黒2丁目9番地13号 ス  
タンレー電気株式会社内  
F ターム(参考) 2G017 AA01 AB07 AD51  
2G025 AA05 AB01